

Школа: Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки: 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ): Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Плазменное получение ценных металлов из отходов переработки отработавшего ядерного топлива |

УДК 621.039.59:621.039.7:533.9

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------|---------|------|
| 0А5Д | Ли Влада Игоревна | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОЯТЦ ИЯТШ | Каренгин А.Г. | к.ф.-м.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОГСН ШИП | Конотопский В.Ю. | к.э.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ | Гоголева Т.С. | к.ф.-м.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------------------|-------------|---------------------------|---------|------|
| Ядерные физика и технологии | Бычков П.Н. | к.т.н. | | |

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

| Код результата | Результат обучения (компетенции) |
|----------------|---|
| P1 | Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях. |
| P2 | Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков. |
| P3 | Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления. |
| P4 | Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности. |
| P5 | Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного. |
| P6 | Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности. |
| P7 | Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. |

| Код результата | Результат обучения (компетенции) |
|-------------------|---|
| P8 | Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны). |
| P9 | Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов. |
| P10 | Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей. |
| P11 | Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции. |
| P12 | Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. |
| P13 | Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов; |

| Код результата | Результат обучения (компетенции) |
|-------------------|--|
| P14 | Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем. |
| P15 | Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки: 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Отделение школы (НОЦ): Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

Бычков П.Н.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------|
| 0А5Д | Ли Влада Игоревна |

Тема работы:

| | |
|--|-----------------------|
| Плазменное получение ценных металлов из отходов переработки отработавшего ядерного топлива | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | №1383/с от 21.02.2019 |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2019

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| Исходные данные к работе | Исследовать процесс переработки нитратных комплексов палладия в воздушной плазме высокочастотного факельного разряда в виде горючих водносолеорганических композиций (ВСОК). Определить условия, обеспечивающие энергоэффективность и экологическую безопасность исследуемого процесса. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | При разработке бакалаврской работы должны быть рассмотрены следующие вопросы: 1. Провести обзор и анализ публикаций на тему выделения МПГ из отходов переработки ОЯТ. 2. Расчет показателей горючести ВСОК на основе нитратных комплексов палладия, включающих органический компонент. Определение оптимальных составов ВСОК. 3. Расчет равновесных составов нитратных комплексов палладия в виде ВСОК. Определение оптимальных режимов ВСОК переработки в воздушной плазме. |

| | |
|--|---|
| | 4. Выдача научно-обоснованных рекомендаций для практической реализации исследуемого процесса. 5. Экономическое обоснование проведения НИР. 6. Выводы по работе. Заключение. |
|--|---|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

| Раздел | Консультант |
|---|------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Конотопский В.Ю. |
| Социальная ответственность | Гоголева Т.С. |
| | |

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 22.04.2019 |
|---|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОЯТЦ ИЯТШ | Каренгин А.Г. | к.ф.-м.н. | | 22.04.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------|---------|------------|
| 0А5Д | Ли В.И. | | 22.04.2019 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------|
| 0А5Д | Ли Влада Игоревна |

| Школа | ИЯТШ | Отделение школы (НОЦ) | ОЯТЦ |
|---------------------|-------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|--|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | <ul style="list-style-type: none"> – Оклад научного руководителя – 33664 руб.; – Оклад мл. научного сотрудника – 15470 руб.; – Тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | — |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | <ul style="list-style-type: none"> – Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %; – Ставка НДС – 20 %; |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| 1. Организация и планирование работ | <ul style="list-style-type: none"> – Расчет продолжительности этапов работ; – Построение линейного графика работ; – Расчет накопления готовности проекта. |
| 2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта | |
| 3. Оценка экономической эффективности | |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

| |
|--------------------------|
| 1. Линейный график работ |
|--------------------------|

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------|------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШИП | Конотопский В.Ю. | к.э.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------|---------|------|
| 0А5Д | Ли В.И. | | |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------|
| Группа | ФИО |
| 0А5Д | Ли Влада Игоревна |

| | | | |
|---------------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Школа | ИЯТШ | Отделение школы (НОЦ) | ОЯТЦ |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|---|
| 1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: | <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды: микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения от ЭВМ); – опасных проявлений факторов производственной среды: электрической, пожарной и взрывной природы. |
| 2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме: | <ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ и установке ВЧФ-плазматрон; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность. |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: | <ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). |
| 2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности: | <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (причины, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент ОЯТЦ | Гоголева Т. С. | к.ф.-м.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 0А5Д | Ли Влада Игоревна | | |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 63 с, 6 рис., 11 табл., 20 источников, 2 прил.

Ключевые слова: отработавшее ядерное топливо, металлы платиновой группы, палладий, водно-солеорганическая композиция, плазменная переработка.

Объектом исследования является: процесс плазменной переработки нитратных комплексов палладия.

Цель работы - исследование возможности эффективной плазменной переработки нитратных комплексов палладия в воздушной плазме в виде водно-солеорганических композиций.

В процессе исследования проводились расчеты показателей горючести ВСОК, включающих нитратный комплекс палладия и горючий компонент (этанол) и определялись составы ВСОК, имеющих низшую теплотворную способность не менее 8,4 МДж/кг и обеспечивающих их энергоэффективную переработку.

В результате исследования проведено термодинамическое моделирование процесса плазменной обработки нитратных комплексов палладия в виде ВСОК и определены оптимальные режимы для их эффективной плазменной переработки в воздушной плазме.

Область применения: результаты проведенных исследований могут быть использованы для создания научных основ технологии плазменной переработки нитратных комплексов палладия в виде диспергированных ВСОК.

В будущем планируется продолжить исследования в области создания плазменной технологии переработки в воздушной плазме нитратных комплексов палладия в виде ВСОК, а также других металлов платиновой группы для их энергоэффективного извлечения из отходов переработки ОЯТ и последующего использования.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Плазма – частично или полностью ионизированный газ, образованный из нейтральных атомов (или молекул) и заряженных частиц (ионов и электронов). Важнейшей особенностью плазмы является ее квазинейтральность, это означает, что объемные плотности положительных и отрицательных заряженных частиц, из которых она образована, оказываются практически одинаковыми.

ВЧФ-плазмотрон – устройство для генерирования потоков неравновесной плазмы.

PUREX-процесс – технология переработки ОЯТ, включающая растворение отработавших ТВЭЛов в азотной кислоте, отделение урана, плутония и нептуния экстракцией в трибутилфосфате.

Экстракция – процесс разделения смеси жидких или твердых веществ с помощью избирательных растворителей.

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

МПП – металлы платиновой группы;

АЭС – атомная электростанция;

МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии;

ВАО – высокоактивные отходы;

ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;

ВСОК – водносолеорганическая композиция;

ТБФ – трибутилфосфат;

ВЧФ-разряд – высокочастотный факельный разряд;

ВЧФ-плазмотрон – высокочастотный факельный плазмотрон.

Содержание

| | |
|---|----|
| РЕФЕРАТ | 9 |
| ВВЕДЕНИЕ | 14 |
| 1. Обзор литературы..... | 16 |
| 1.1 Накопление металлов платиновой группы в ОЯТ АЭС..... | 16 |
| 1.2 Общие сведения о металлах платиновой группы | 18 |
| 1.3 Металлы платиновой группы в растворах PUREX-процесса | 19 |
| 2 Расчетная часть..... | 23 |
| 2.1 Расчет показателей горения водносолеорганической композиции на основе палладия и этилового спирта | 23 |
| 2.2 Расчет равновесных составов продуктов плазменной обработки горючих ВСОК на основе нитратных комплексов палладия..... | 25 |
| 2.3 Результаты проведенного исследования | 28 |
| 3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 29 |
| 3.1 Организация и планирование работ | 29 |
| 3.2 Продолжительность этапов работ | 30 |
| 3.3 Расчет накопления готовности проекта | 33 |
| 3.4 Расчет сметы на выполнение проекта | 34 |
| 3.5 Расчет затрат на материалы | 35 |
| 3.6 Расчет заработной платы | 36 |
| 3.7 Расчет затрат на социальный налог..... | 37 |
| 3.8 Расчет затрат на электроэнергию | 37 |
| 3.9 Расчет амортизационных расходов | 38 |
| 3.10 Расчет прочих расходов | 40 |
| 3.11 Расчет прибыли | 40 |
| 3.12 Расчет НДС | 41 |
| 3.13 Цена разработки | 41 |
| 3.14 Оценка экономической эффективности проекта | 41 |
| 4. Социальная ответственность | 42 |

| | |
|---|----|
| 4.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов | 43 |
| 4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ВЧФ-плазмотроне и ПЭВМ | 45 |
| 4.2.1 Организационные мероприятия | 45 |
| 4.2.2 Технические мероприятия | 46 |
| 4.2.3 Условия безопасности работы | 48 |
| 4.3 Электробезопасность | 52 |
| 4.4. Пожарная и взрывная безопасность | 54 |
| Заключение | 57 |
| Список публикаций | 58 |
| Список использованных источников | 59 |
| Приложение А | 61 |
| Приложение В | 62 |

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в ядерной энергетике не существует другой альтернативы. Известно, любое достижение научно-технического прогресса имеет так положительную, так и отрицательную стороны. После катастрофы на Чернобыльской АЭС и других аварий в разных странах, с большим количеством пострадавших, в общество укрепилось негативное отношение к этой сфере деятельности вплоть до полного ее запрета, которое продолжает расти.

Тема ядерных отходов является предметом критики. Однако после извлечения урана и плутония из ОЯТ АЭС полученные отходы переработки являются перспективным возобновляемым сырьем, из которого можно избирательно извлекать МПГ (палладий, рутений, родий), а также другие ценные химические элементы, крайне необходимые современной промышленности.

С начала 60-х годов множество ученых проявляли интерес к проблеме извлечения МПГ из отходов переработки ОЯТ, но вследствие целого ряда причин: технического и экономического характера, до сих пор ни в одной стране не разработан метод, который может быть использован в промышленных масштабах.

Следует отметить, что современные темпы промышленного потребления МПГ приведут в ближайшие десятилетия к истощению их запасов в земной коре и росту их стоимости до такой степени, что ОЯТ могут стать основной сырьевой базой для их производства. Развитию современных технологий извлечения МПГ будет способствовать рост мощностей ядерной энергетики, который приведет к дальнейшему накоплению ОЯТ.

Избирательное извлечение палладия из отходов переработки ОЯТ представляет собой отдельную достаточно сложную задачу, обусловленную высокими требованиями по очистке от осколочных радионуклидов и высокой активностью перерабатываемых продуктов.

Кроме этого необходимо создание принципиально новой технологии по получению палладия после его избирательного извлечения из отходов переработки ОЯТ.

В настоящей выпускной квалификационной работе представлены результаты теоретических исследований процесса плазменного получения палладия из отходов переработки ОЯТ и нахождение оптимальных режимов его получения.

Целью данной работы является исследование возможности энергоэффективного получения палладия в воздушной плазме из водносолеорганических композиций.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Провести обзор литературных источников и анализ публикаций на тему извлечения МПГ из отходов переработки ОЯТ.
2. Определить показатели горючести водносолеорганических композиций, включающих нитратный комплекс палладия и органический компонент, а также определить составы, обеспечивающие их энергоэффективную переработку.
3. Провести термодинамическое моделирование процесса плазменной переработки нитратных комплексов палладия в виде ВСОК и определить режимы их эффективной их переработки в воздушной плазме.
4. Подготовить рекомендации для практической реализации исследуемого процесса.

1. Обзор литературы

1.1 Накопление металлов платиновой группы в ОЯТ АЭС

Более 50 назад появились первые публикации на тему извлечение платиноидов из ОЯТ АЭС. Авторам этих публикаций было крайне интересно извлечение из ОЯТ палладия, рутения и родия, содержание которых достигает нескольких килограммов на одну тонну.

На сегодняшний день не существует эффективной технологии извлечения этих металлов из отходов переработки ОЯТ в промышленных масштабах.

Анализируя ситуацию можно перечислять множество причин сложившейся ситуации, но хотелось обратить внимания на несколько. Первой, основной причиной, является необходимость в уране и плутонии, которые в свою очередь являются незаменимым топливом для АЭС. При этом получение радиоактивных МПГ из отходов переработки ОЯТ вызывает негативную реакцию у широкой общественности.

В настоящее время общие мировые запасы МПГ составляют около 167 тыс. т., а в России – 15,4 тыс. т. Основным сырьевым источником платиноидов в России является компания «Норникель», которая занимается производством никеля и меди, а также МПГ. При этом попутное извлечение МПГ приводит к потерям с отвальными хвостами до 30 %.

В 1988 году специалисты МАГАТЭ заинтересовались темой накопления МПГ в ОЯТ и составили прогнозы на ближайшие 50 лет. По их оценкам к 2030 накопление МПГ составит: Pd – 1050 т, Rh – 350 т, Ru – 1750 т (таблица 1.1).

Представленные результаты, несмотря на заложенные в основу расчетов допущения и усредненные величины, показывают динамику сокращения природных запасов МПГ, в тоже время, накопления техногенных металлов в ОЯТ до объемов, сопоставимых с природными источниками. На совещании консультантов МАГАТЭ в 1988 г. был сделан вывод, что ОЯТ АЭС является важным стратегическим ресурсом МПГ.

Таблица 1.1 - Изменение накопление ОЯТ и содержание МПГ по оценкам специалистов МАГАТЭ

| Год | Количество ОЯТ, т | Накопление МПГ в ОЯТ, т | Мировые запасы МПГ, т |
|------|-------------------|---|------------------------------------|
| 1990 | 70 000 | Pd (91,8) Rh (8,4) Ru (7,4) | Pd (8520) Rh (770) Ru (3220) |
| 2000 | 173 000-181 000 | Pd (218-228) Rh (71-75) Ru (364-381) | Pd (6870) Rh (620) Ru (3090) |
| 2030 | 676 000- 832 000 | Pd (850-1047) Rh (280-344) Ru (1423-1752) | Pd (4100) Rh (370) Ru (2870) |

Из анализа данных таблицы следует, что к 2030 году содержание МПГ в ОЯТ приблизится к их мировым запасам в земной коре. ОЯТ можно рассматривать как мощный потенциальный источник запасов МПГ для мировой экономики и инноваций.

Содержание МПГ в ОЯТ зависит от ряда факторов: вида ядерное топлива, глубины его выгорания, продолжительности последующей выдержки. Наибольшее количество МПГ нарабатывается в ядерных топливах в реакторах на быстрых нейтронах (РБН).

В нерастворимых остатках отходов ОЯТ содержатся 44,0 – 68,7%, притом, что сами нерастворимые остатки составляют малую часть от топлива. Составы нерастворимых остатков от отходов ОЯТ на быстрых нейтронах и на медленных различны лишь пропорциями компонентами, качественно одинаковы [2].

Источником металлов платиновой группы являются жидкие высокоактивные отходы (ЖВО), продукты коррозии конструкционных элементов отработавших тепловыделяющих сборок и радио-химической аппаратуры (Fe, Cr, Ni и др.). Содержание Pd, Rh, Ru в таких растворах, элементах может содержаться около сотни миллиграмм на литр, а суммарная концентрация достигать 10г/л.

1.2 Общие сведения о металлах платиновой группы

Металлы платиновой группы или платиноиды, представляют собой 6 химических элементов - драгметаллов, которые находятся в 7 группе в 5 и 6 периоде периодической системе. Главными особенностями металлов платиновой группы, являются серебристо-серый оттенок, кроме осмия, высокая электропроводность, тугоплавкость, химическая стойкость по отношению к действию многих реагентов, но существуют определенные ситуации, когда МПГ могут взаимодействовать с кислотами и щелочами.

Но существуют определенные условия, когда металлы платиновой группы способны растворяться в кислотах или взаимодействовать с щелочами. Способность металла к растворению зависит от таких факторов: тонкость измельчения, присутствие примесей, способ получения металла, методики его растворения. Палладий – единственный металл МПГ, который хорошо растворимый в азотной кислоте.

МПГ имеют схожие химические свойства, благодаря тому, что имеют подобные заполнения внешних электронных оболочек. МПГ являются элементами переходных периодов, следовательно, они могут иметь разные степени окисления, например, для рутения и палладия характерная степень окисления – IV, а для родия – III.

Для большинства металлов платиновой группы свойственно иметь несколько изотопов. Ниже представлены атомные массы стабильных изотопов и их процентное содержание: Pd: 102 (1,02), 104 (11,4), 105 (22,33), 106 (27,33), 108 (26,46), 110 (11,72); Rh: 103 (100); Ru: 96 (5,54), 98 (1,87), 99 (12,76), 100 (12,60), 101 (17,06), 102 (31,55), 104 (18,62) [3].

Для получения растворов МПГ из сплавов применяют следующие методы: хлорирование, электролитическое растворение в кислотах с использованием переменного тока, а также сплавление со щелочами.

Металлы платиновой группы имеют ряд свойств, например, родия поддается обработке только при температуре красного каления, платина легко

прокатывается, а также сваривает в горячем состоянии, а лучше всех пластичные свойства проявляет палладий. Одним из характерных свойств МПГ является способность абсорбировать на поверхность газы (O_2 , H_2). Особенно сильно это свойство выражено у палладия, при комнатной температуре он способен на 1 свой объем поглотить до 900 объемов водорода. При абсорбции определенного объема водорода кристаллическая решетка палладия расширяется, так как образуются твердые растворы водорода в металле.

Помимо перечисленных свойств металлов платиновой группы, для них характерна высокая стойкость по отношению к химическим реагентам, но у каждого металла оно проявляется по-разному. Как известно, стойкость МПГ зависит от степени дисперсности, например, компактные металлы проявляют стойкость к различным реагентам, даже если увеличить температуру, а дисперсные в то время активно взаимодействуют с различными окислителями, а особенно при повышенной температуре.

1.3 Металлы платиновой группы в растворах PUREX-процесса

Согласно единственной в открытом доступе схеме PUREX-процесс, известно, что он происходит в нескольких стадиях: на первой ОЯТ растворяют в азотной кислоте, разделяется на два потока: «нерастворимые остатки» и раствор, из которого извлекают уран и плутоний с помощью ТБФ.

В свою очередь после второго этапа МПГ оказываются в потоке высокоактивных отходов первого экстракционного цикла.

На сегодняшний день высокоактивные отходы не проходят переработку, а после остекловывания они направляются на длительное контролируемое хранение. В России остекловывают помощью фосфатного стекла, в других странах – боросиликатных. Такой метод борьбы с отходами приводит к потере возможности извлечения МПГ в ближайшем будущем.

Распределение осколочных МПГ по потокам PUREX-процесса представлено на рисунке 1.3.

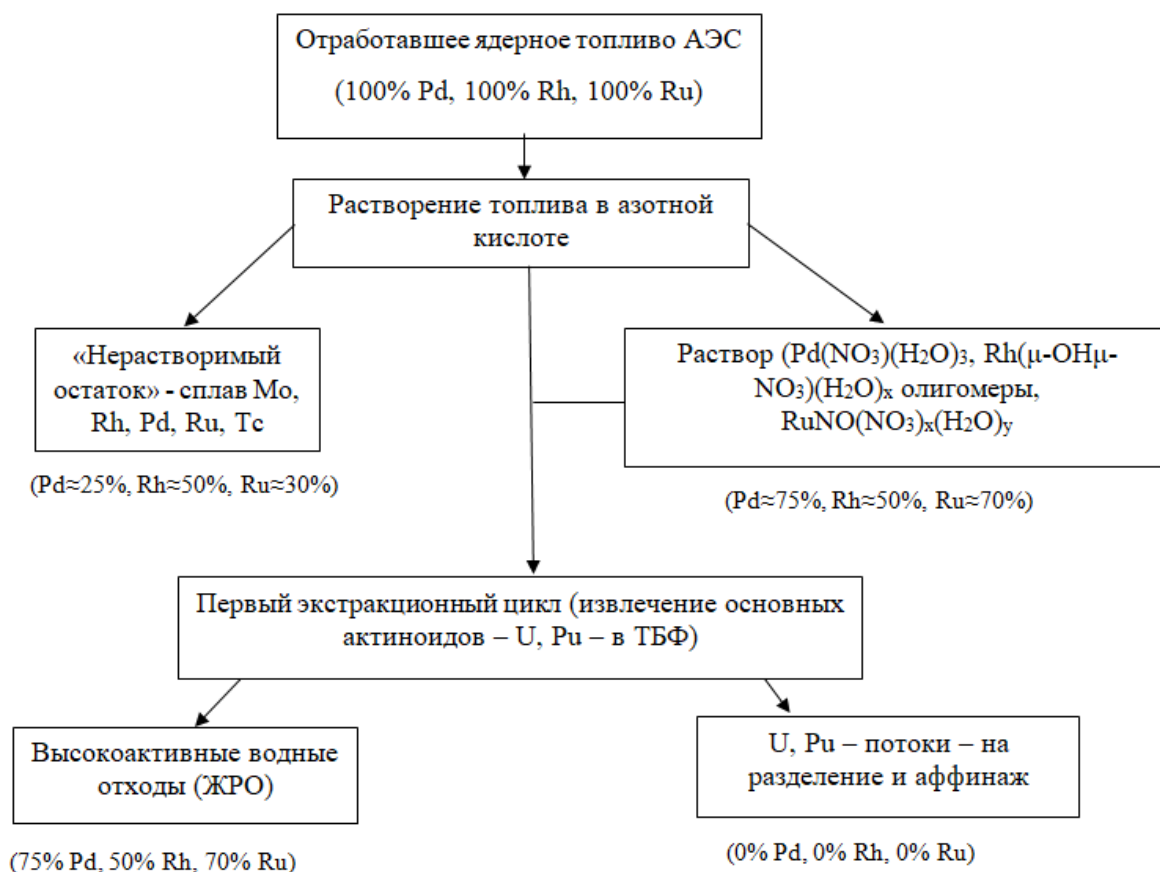


Рисунок 1.3. Распределение осколочных МПГ по потокам PUREX-процесса.

По данным работы [4] 2/3 осколочных платиноидов оказывается в водно-хвостовых растворах первого экстракционного цикла PUREX-процесса.

Представляется, что для обоснования технико-экономической эффективности извлечения МПГ из потоков PUREX-процесса необходимы:

- надежное предсказание радиоактивности, включая учет возможного присутствия следов одного благородного металла в другом;
- прогноз потребления с учетом сокращения их богатых природных месторождений и нарастания потребности в отдельных видах, прогноз роста стоимости;
- поиск новых областей использования осколочных благородных металлов, включая элементы ядерного топливного цигла (легирование твэлов и вторичных конструкционных материалов, фильтры иодные и для улавливания трития, катализаторы подавления образования гремучей смеси при радиолизе

водородосодержащих систем, противокоррозионные покрытия, материал электродов, то есть вне непосредственного контакта с человеком;

- исследование состояния в основных фазах систем и распределение по потокам PUREX-процесса;

- поиск путей извлечения (отдельных или смесей) с использованием ограниченных условий радиохимических сред, испытанных экстрагентов, сорбентов, осадителей и т.п.;

- рассмотрение возможности самостоятельной, а не попутной технологии извлечения с учетом высокой стоимости природных благородных металлов, приближающейся к стоимости плутония из отработавшего ядерного топлива АЭС [5].

Если целесообразность извлечения МПГ из ОЯТ определяется возможностями их использования в отраслях современной и перспективной техники, то необходимость извлечения из потоков регенерации ОЯТ — опасностью присутствия ВАО в потоках экстракционной технологии и при остекловывании (образование самостоятельных фаз).

Благодаря научным статьям [6-12] на данный момент о растворах родия в азотной кислоте известно следующее. Родий, будучи переведенным в нитратный раствор, проявляет только третью валентность, устойчив против гидролиза, его гидроксид амфотерен, обладает умеренной склонностью к комплексообразованию в водных азотных средах, заметным сродством к нитрит-иону, почти не извлекается применяемыми в радиохимической практике экстрагентами из типичных технологических сред PUREX-процесса, образует растворимые фторидные, оскалатные комплексы, не является помехой для реализации редокс-процессов. В PUREX-процессе ведет себя как продукт деления, экстрагирующийся слабее трехвалентных редкоземельных и трансплутониевых элементов.

Наиболее перспективным методом извлечения палладия из азотнокислых растворов, использование анионитов или амфолитов, с помощью

них можно достичь высоких степеней отчистки от потусторонних радионуклидов, так как они обладают высокой емкостью.

Метод, придуманный японскими учеными, позволял извлекать МПГ из ВАО почти на 100%, этот метод основан на осаждении комплексных соединений с трихлорстаннатом. Однако, появилась проблема – применение хлорсодержащий реагентов в промышленных масштабах, который едва возможен. Поэтому стоит учитывать выбор технологий и материалов для извлечения металлов платиновой группы, использование любых коррозионно-опасных реагентов может поставить «крест» на эффективной разработке.

В связи с этим большой интерес представляет изучение процесса экстракции МПГ из азотнокислых растворов. Достоинством данного направления является отсутствие каких-либо дополнительных реагентов, которые могли бы оказать отрицательное влияние на дальнейших стадиях переработки отходов.

2 Расчетная часть

2.1 Расчет показателей горения водносолеорганической композиции на основе палладия и этилового спирта

Жидкими горючими композициями являются композиции с низшей теплотой сгорания более 8,4 МДж/кг [13]. Теплота сгорания рассчитывается по формуле теплоты сгорания влажного топлива:

$$Q^c_n = \frac{(100 - W - A) \cdot Q^c_n}{100} - \frac{2,5 \cdot W}{100}, \quad (2.1)$$

где Q^c_n – низшая теплота сгорания сухих горючих компонентов композиции, МДж/кг;

W и A – содержание воды и негорючих минеральных веществ в композиции, %;

2,5 – скрытая теплота испарения воды при 0°C, МДж/кг.

Жидкие композиции становятся горючими при различных значениях теплоты сгорания в зависимости от теплоты сгорания горючих компонентов и принадлежности их к тем или иным классам соединений.

Рекомендация относить к горючим жидкие горючие композиции при $Q^p_n \geq 8,4$ МДж/кг является завышенной для многих производственных композиций, содержащих горючие компоненты с низкими значениями Q^c_n , но с высокой жаропроизводительностью.

Более объективным показателем горючести жидких горючих композиций является их адиабатическая температура горения:

$$T_{ад} = \frac{Q^p_n + c_{отх} \cdot t_{отх} + \alpha \cdot v_{ок}^0 \cdot c_{ок} \cdot t_{ок}}{v \cdot c + \frac{W \cdot c_{H_2O}}{100} + \frac{A \cdot c_A}{100}}, \quad (2.2)$$

где $c_{отх}$ – средняя массовая теплоемкость жидкой композиции, кДж/(кг·град);

$t_{отх}$ – температура жидкой композиции, °C;

α – коэффициент расхода окислителя;

$v_{\text{ок}}^0$ – теоретический расход окислителя, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$c_{\text{ок}}$ – средняя теплоемкость окислителя, $(\text{кДж}/\text{м}^3/\text{град})$;

$t_{\text{ок}}$ – температура окислителя, $^{\circ}\text{C}$.

Как показали опыты по сжиганию жидких горючих композиций некоторых органических веществ, достаточное и полное их сгорание в камерах с небольшими потерями тепла в окружающую среду наблюдается при $T_{\text{ад}} \geq 1200^{\circ}\text{C}$, причем эта температура необходима и достаточна для самостоятельного горения таких композиций.

В данной работе исследуются водносолеорганические композиции на основе этилового спирта ($Q_{\text{н}}^{\text{с}} = 26,8 \text{ МДж/кг}$) и нитратных комплексов палладия, обладающих высокой взаимной растворимостью.

Используя метод описанный выше для каждой водносолеорганической композиции были рассчитаны: теплота сгорания влажного воздуха ($Q_{\text{нр}}$) и адиабатическая температура горения ($T_{\text{ад}}$).

Результаты расчетов приведены в таблице 2.1 и представлены на рисунке 2.1 соответственно:

Таблица 2.1 - Зависимость адиабатической температуры горения $T_{\text{ад}}(^{\circ}\text{C})$ от содержания этанола, % для ВСОК.

| Pd, % | TM, % | H ₂ O, % | Спирт, % | $Q_{\text{нр}}$, МДж/кг | $T_{\text{ад}}$, $^{\circ}\text{C}$ |
|---------------|-------------|---------------------|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 0,0702 | 6,84 | 83,09 | 10 | 0,602755 | 114,237 |
| 0,0624 | 6,08 | 73,858 | 20 | 3,51356 | 640,001 |
| 0,0546 | 5,32 | 64,625 | 30 | 6,424365 | 1244,73 |
| 0,0468 | 4,56 | 55,393 | 40 | 9,33517 | 1947,65 |
| 0,039 | 3,8 | 46,161 | 50 | 12,245975 | 2774,79 |
| 0,0312 | 3,04 | 36,929 | 60 | 15,15678 | 3762,28 |
| 0,0234 | 2,28 | 27,697 | 70 | 18,067585 | 4961,74 |
| 0,0156 | 1,52 | 18,464 | 80 | 20,97839 | 6449,65 |
| 0,0078 | 0,76 | 9,2322 | 90 | 23,889195 | 8344,25 |

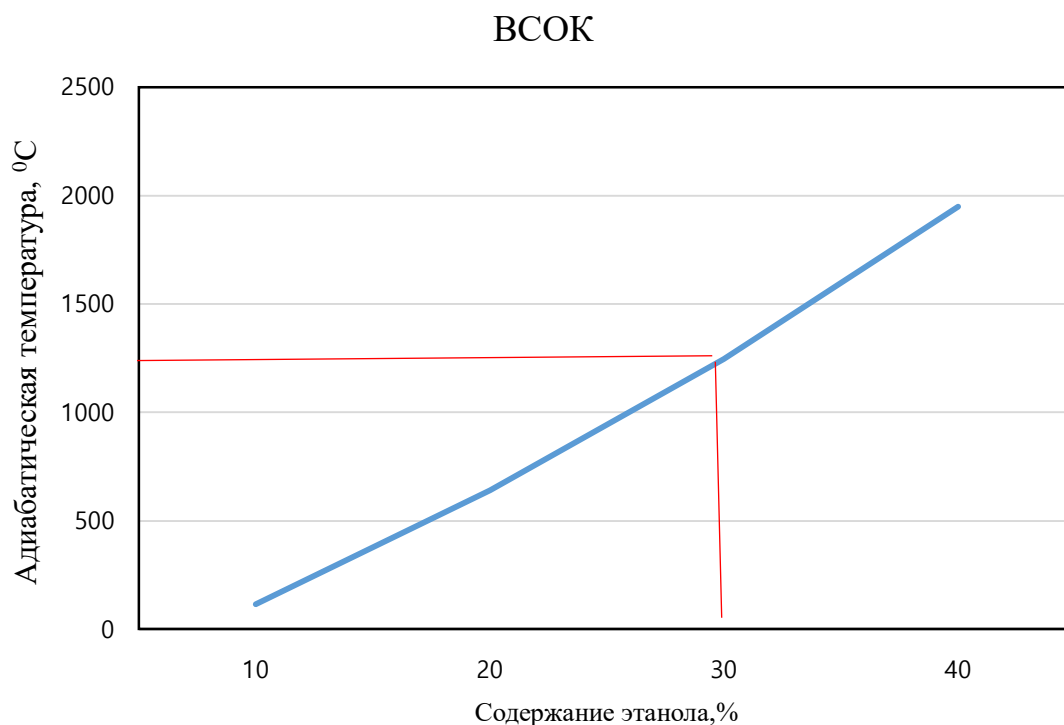


Рисунок 2.1. Зависимость $T_{ад}$ от содержания спирта для ВСОК

Исходя из полученных данных (приложение А) определили оптимальные составы водносолеорганических композиций палладия, имеющие адиабатическую температуру $T_{ад}=1250^{\circ}\text{C}$ и обеспечивающие эффективное получение палладия.

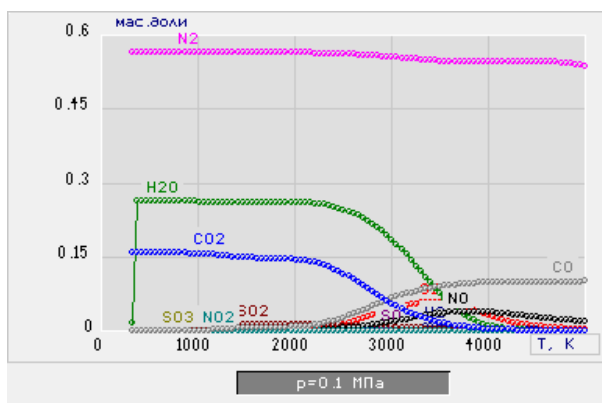
2.2 Расчет равновесных составов продуктов плазменной обработки горючих ВСОК на основе нитратных комплексов палладия

Термодинамические расчеты равновесных составов продуктов плазменной переработки ВСОК проведены с использованием лицензионной программы термодинамического расчета состава фаз произвольных гетерогенных систем «TERRA». Расчеты проведены при атмосферном давлении (0,1 МПа), в широком диапазоне температур (300-4000 К) и массовых долей воздушного плазменного теплоносителя (0,2–0,8).

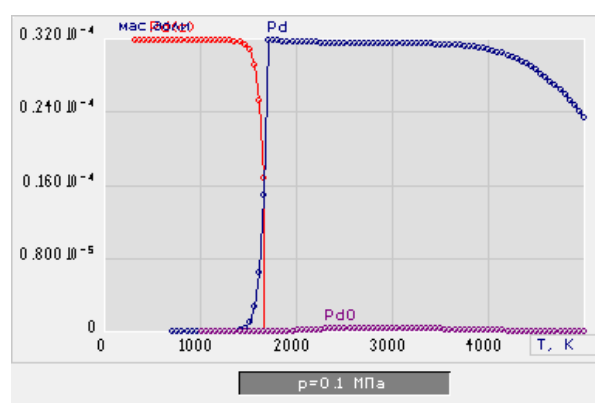
Для каждого эксперимента подбиралась минимальная массовая доля воздуха, которая обеспечивала полное окисление органического растворителя и

не допускала появления сажи – углерода в конденсированной фазе $C(s)$, в продуктах плазменной переработки.

С помощью лицензионной программы ТЕРРА были получены характерные составы основных газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной переработки водносолеорганической композиции с массовой долей воздуха – 74%



а)

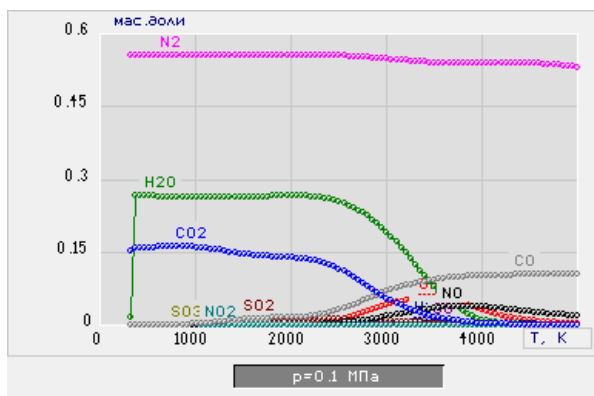


б)

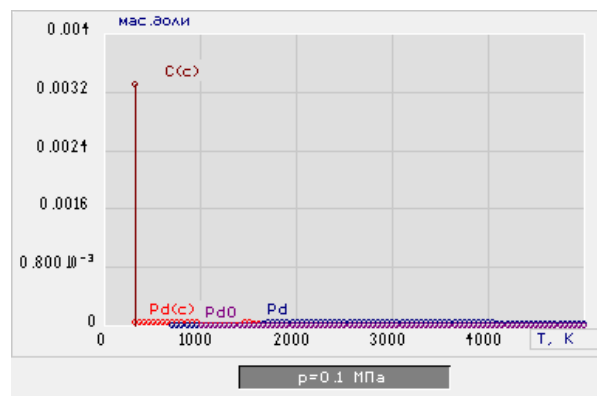
Рисунок 2.2.1. Равновесные составы газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной переработки в воздушной плазме ВСОК (74% Воздух; 26% ВСОК)

Из полученных равновесных составов (рисунок 2.2.1) можно сделать вывод, что при массовой доли воздуха 74% и в диапазоне температур от 1500K в газообразном состоянии образуются: N_2 , CO_2 и H_2O , в конденсированной – палладий и металлический палладий.

Уменьшение массовой доли воздуха с 74% до 73% (рисунок 2.2.2) приводит к образованию сажи для температур менее 1500K, из этого следует, что проводить процесс плазменной переработки ВСОК при массовой доле 73% не выгодно и бесперспективно.



а)



б)

Рисунок 2.2.2. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов плазменной переработки в воздушной плазме водносолеорганической композиции ВСОК (73% Воздух: 27% ВСОК)

Также были проведены расчеты для водного палладия – приложение А. На рисунке 2.2.3 видно, что использование горючих ВСОК намного эффективнее, как в случае плазменной обработки водных нитратных комплексов палладия, что и обуславливает выбор в пользу применения горючих водносолеорганических композиций.

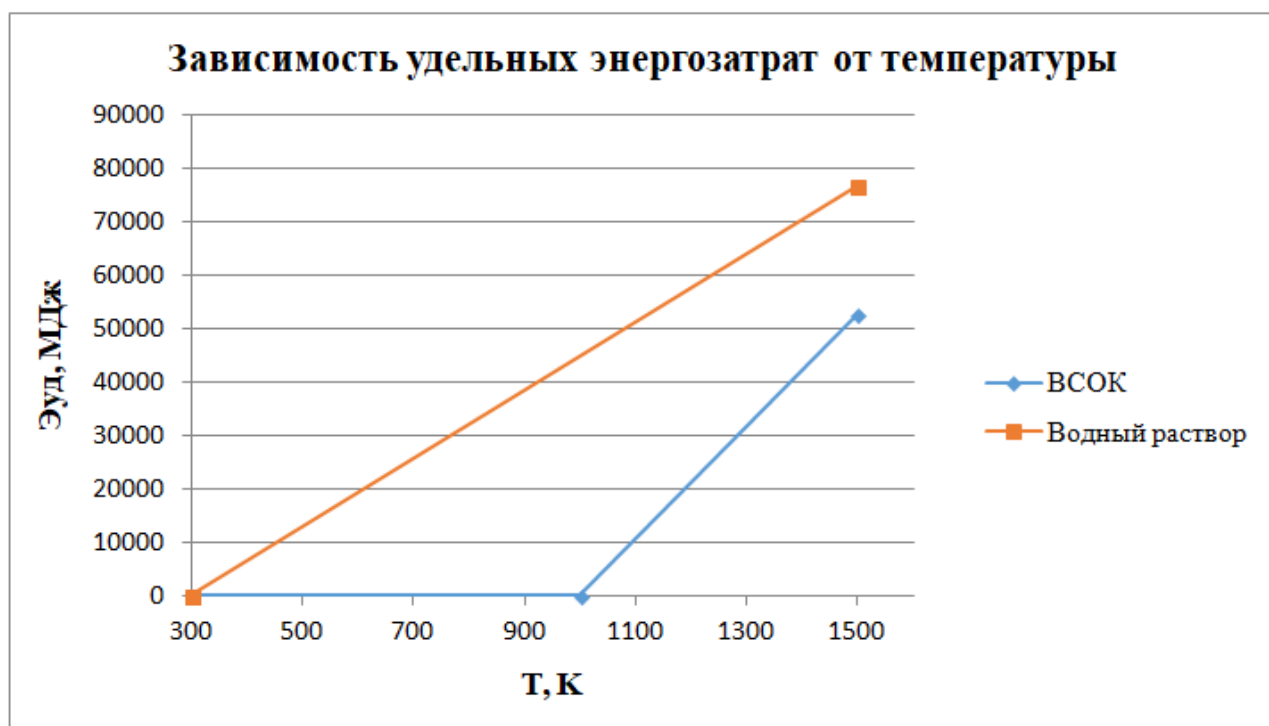


Рисунок 2.2.3. Зависимость удельных энергозатрат от температуры плазменной обработки для ВСОК.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что плазменная обработка горючих водносолеорганических намного эффективней водных нитратных комплексов позволяет получить целевой продукт с гораздо меньшими затратами.

2.3 Результаты проведенного исследования

В результате проведенных исследований было показано, что процесс плазменной переработки водносолеорганической композиции на основе Pd протекает в оптимальном режиме, в широком диапазоне рабочих температур с получением требуемого целевого продукта в виде Pd(c) в конденсированной фазе. Из полученных данных могут быть рекомендованы режимы для практической реализации плазменной переработки нитратных комплексов палладия в воздушной плазме:

1. Состав ВСОК-1: {0,054 % $[(\text{Pd}(\text{NO}_3)_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_3)]$ } – 5,32 % ТМ - 64,62 % Вода - 30 % Этанол);
2. Отношение фаз: (74 % Воздух: 26 % ВСОК);
3. $T = (1500 \pm 100) \text{ K}$;
4. $\text{Эуд} = 53000 \text{ МДж/кг}$

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные затраты на исследование (проект), а также дать приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

3.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу типа приведенной ниже.

Таблица 3.1 – Перечень работ

| Этап работы | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|---|-------------|-----------------------|
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР | НР – 100% |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | НР – 100% И – 10% |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | НР – 30% И – 100% |

| Этап работы | Исполнители | Загрузка исполнителей |
|---|-------------|-----------------------|
| Разработка календарного плана | НР, И | НР – 100% И – 10% |
| Обсуждение литературы | НР, И | НР – 30% И – 100% |
| Разработка модели | НР, И | НР – 100% И – 70% |
| Определение адекватности модели | НР, И | НР – 100% И – 80% |
| Изучение результатов | И | И – 100% |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И | И – 100% |
| Оформление графического материала | И | И – 100% |
| Подведение итогов | НР, И | НР – 60% И – 100% |

3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который

по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов.

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных значений продолжительности работ $t_{ОЖ}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ОЖ} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5} \quad (3.1)$$

$$t_{ОЖ} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (3.2)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 3.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях:

$$T_{\text{РД}} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{\text{ВН}}} \cdot K_{\text{Д}} \quad (3.3)$$

где $K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (3.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 15$).

В приложении В приведено определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3 – 5 реализован экспертный способ по формуле 3.1, при использовании формулы 3.2 необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец для t_{prob} . Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта, научного руководителя и инженера, с учетом коэффициента $K_d = 1,1$.

Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} \cdot K_d$. Столбцы 8 и 9 – трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_K = 1,225$. Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{КД}$, данные столбцов 8 и 9 кроме итогов, позволяют построить линейный график осуществления проекта.

3.3 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i -го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой (5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}} \quad (3.5)$$

Применительно к таблице 2 величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{\text{общ}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчет TP_i (%) и CG_i (%) на основе этих данных приведен в таблице 3.3.

Таблице 3.3 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

| Этап | TP_i , % | CG_i , % |
|--|------------|------------|
| Постановка задачи | 4,19 | 4,19 |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | 7,19 | 11,38 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | 13,17 | 24,55 |
| Разработка календарного плана | 4,19 | 28,74 |

| Этап | ТР _i , % | СГ _i , % |
|---|---------------------|---------------------|
| Подготовка экспериментальной установки | 4,19 | 32,93 |
| Проведение экспериментов | 16,17 | 49,10 |
| Проведение расчетов | 22,16 | 71,26 |
| Обработка результатов | 10,18 | 81,44 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | 10,18 | 91,62 |
| Оформление графического материала | 4,19 | 95,81 |
| Подведение итогов | 4,19 | 100,00 |

3.4 Расчет сметы на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

3.5 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 – 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в границах, представленных в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Расчет затрат на материалы

| Наименование материалов | Цена за ед., руб. | Кол-во | Сумма, руб. |
|--------------------------------|-------------------|--------|-------------|
| Бумага для принтера формата А4 | 250 | 1 уп. | 250 |
| Картридж для принтера | 1550 | 1 шт. | 1550 |
| Итого: | | | 1800 |

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 1800 \cdot 1,05 = 1890$ руб.

3.6 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}, \quad (3.6)$$

где 25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце при шестидневной рабочей недели.

Расчет затрат на полную заработную плату приведены в таблице 3.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из приложения В. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; $K_{\text{доп.зп}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо первую умножить на интегральный коэффициент:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп.зп}} \cdot K_{\text{р}}; \quad (3.7)$$

$$K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699.$$

Таблица 3.6 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад руб./мес. | Среднедневная ставка руб./раб.день | Затраты времени, раб.дни | $K_{\text{и}}$ | Фон з/п, руб. |
|-------------|--------------------|--|--------------------------------|----------------|------------------|
| НР | 33664 | 1342,10 | 23 | 1,699 | 52445,41 |
| И | 15470 | 616,75 | 29 | 1,699 | 30388,01 |
| Итого: | | | | | 82833,41 |

3.7 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3; \quad (3.8)$$

$$C_{\text{соц}} = 82833,41 \cdot 0,3 = 24850,02.$$

3.8 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (3.9)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных приложения В для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно.

В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (3.10)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{с}} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{с}} = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час | Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт | Затраты $C_{\text{эл.об}}$, руб. |
|--|--|---|--------------------------------------|
| Плазменный модуль на базе высокочастотного генератора ВЧГ 8-60/13-01 | 1 | 100 | 574,8 |
| Персональный компьютер | 224 | 0,3 | 386,3 |
| Струйный принтер | 2 | 0,1 | 1,15 |
| Итого: | | | 962,25 |

3.9 Расчет амортизационных расходов

В данной статье представлен расчёт амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта по следующей формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_{\text{а}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot n}{F_{\text{д}}}, \quad (3.11)$$

где $H_{\text{а}}$ – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{ОБ}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

$t_{\text{ОБ}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г., при 298 рабочих днях и 8-ми часовом рабочем дне, $F_{\text{д}}$ равен:

$$F_{\text{д}} = 298 \cdot 8 = 2384.$$

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

$H_{\text{А}}$ определяется как величина обратная СА, в данном случае это:

$$H_{\text{А}} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Зная значения всех коэффициентов, можно рассчитать:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{0,4 \cdot 224 \cdot 60000 \cdot 1}{2384} = 2255.$$

3.10 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (C_{\text{МАТ}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{СОЦ}} + C_{\text{ЭЛ.ОБ}} + C_{\text{АМ}}) \cdot 0,1. \quad (3.12)$$

Прочие расходы в нашем случае:

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (1890 + 82833,41 + 24850,02 + 962,25 + 2255) \cdot 0,1 = 11279,07$$

Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 3.8 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------|----------------------|-------------|
| Материалы и покупные изделия | $C_{\text{МАТ}}$ | 1890 |
| Основная заработная плата | $C_{\text{ЗП}}$ | 82833,41 |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{\text{СОЦ}}$ | 24850,02 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$ | 962,25 |
| Амортизационные отчисления | $C_{\text{АМ}}$ | 2255 |
| Прочие расходы | $C_{\text{ПРОЧ}}$ | 11279,07 |
| Итого: | | 124069,75 |

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 124069,75$ руб.

3.11 Расчет прибыли

Ввиду отсутствия данных, прибыль G рассчитана как 20 % от полной себестоимости проекта:

$$G = C \cdot 0,2; \quad (3.13)$$

$$G = 124069,75 \cdot 0,2 = 24813,95$$

3.12 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли:

$$НДС = (G + C) \cdot 0,2; \quad (3.14)$$

$$НДС = (24813,95 + 124069,75) \cdot 0,2 = 29776,74$$

3.13 Цена разработки

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$Ц_{\text{нир}} = C + G + \text{НДС}; \quad (3.15)$$

$$Ц_{\text{нир}} = 124069,75 + 24813,95 + 29776,74 = 178660,44$$

3.14 Оценка экономической эффективности проекта

Так как полученный результат носит исключительно исследовательский характер, то оценка ее экономического эффекта и эффективности невозможна.

4. Социальная ответственность

Одно из основных направлений профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда. Таким образом осуществляться планомерное повышение качества и эффективности средств защиты от вредных и опасных производственных факторов.

Законодательство Российской Федерации об охране труда основывается на Конституции Российской Федерации и Трудовом кодексе Российской Федерации.

Работодатель берет на себя обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации. Согласно Федеральному закону от 17 июля 1999 г. №181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.) остановимся на некоторых понятиях.

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [14].

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника [14].

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме и смерти.

Безопасные условия труда – такие условия труда, при которых воздействие вредных или опасных производственных факторов на работников исключено или уровни их воздействия не превышают

установленные нормы [14].

Рабочее место – место, в которое необходимо прибыть работнику для выполнения его работы.

Поставленные задачи требует использования достижений многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания безопасных условий труда. При разработке требований производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и биологических дисциплин [15].

Огромнейшее влияние на решение проблем охраны труда оказывает качество подготовки специалистов в этой области, их умение принимать верные решения в сложных и динамичных условиях современного производства [15].

Рабочие, служащие, инженерно-технические работники и руководящий состав обязан следовать правилам по охране труда и техники безопасности.

4.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Научно-исследовательская работа проводилась в отделении ядерно-топливного цикла. Исследования велись на ПЭВМ, а также использовался ВЧФ-плазменный стенд с использованием высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01.

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические.

В таблице 4.1 представлены основные виды работ, которые могут привести к воздействию опасных и вредных факторов.

Таблица 4.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

| Наименование видов работ и параметров производственного процесса | ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ | | Нормативные документы |
|--|--|--------------------|---|
| | Вредные | Опасные | |
| Расчёт данных на ПЭВМ. Работа на плазменной установке. | Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.) Вредные вещества | — | СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы» Эксплуатационная документация ВЧГ8-60/13-01, 2000 г. |
| | — | Электрический ток | ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность |
| | — | Пожарная опасность | Пожарная безопасность |
| Работа с химическими реактивами | Вредные вещества | — | ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества |

В ходе проведения экспериментальных исследований и дальнейшей обработки результатов эксперимента на работника лаборатории могут воздействовать следующие факторы:

Физические:

- температура и влажность воздуха;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения.
- вредные вещества (оксиды азота, углерода)

Психофизиологические:

- физические перегрузки (статическая, динамическая);
- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, перегрузки анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ВЧФ-плазмотроне и ПЭВМ

4.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы

квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальной удостоверение.

4.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рис. 4.2.2

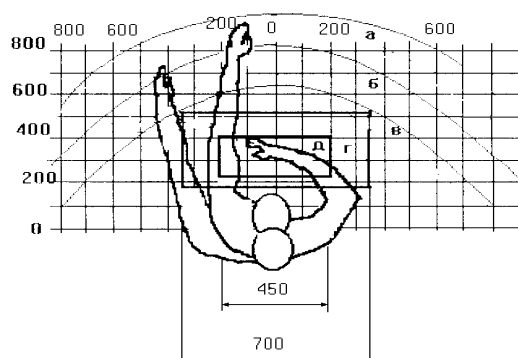


Рисунок 4.2.2. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а – зона максимальной досягаемости рук;
- б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в – зона легкой досягаемости ладони;
- г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация – в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены

следующие требования. Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

4.2.3 Условия безопасности работы

Основные параметры, характеризующие условия труда – это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [16] и приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

| Период года | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-----------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------------|
| Холодный и переходный | 23-25 | 40-60 | 0,1 |
| Тёплый | 23-25 | 40 | 0,1 |

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация

вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

При эксплуатации ВЧФ плазмотрона в окружающую среду выбрасываются вредные газообразные вещества, такие как оксиды азота и углерода, с концентрацией, не превышающей нормы предельно допустимых концентраций (таб. 4.3).

В таблице 4.3 приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ и их класс опасности.

Классы опасности:

- 1 – вещества чрезвычайной опасности;
- 2 – вещества высоко опасные;
- 3 – вещества умеренно опасные;
- 4 – вещества мало опасные.

Таблица 4.3 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ и их класс опасности

| № | Вещество | ПДК, мг/м ³ | Класс опасности |
|---|---------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | Оксид азота | 5,0 | 2 |
| 2 | Диоксид азота | 2,0 | 2 |
| 3 | Оксид углерода | 20,0 | 4 |
| 4 | Диоксид серы | 10,0 | 3 |
| 5 | Сумма углеводородов | 300,0 | 4 |

Вентиляция — процесс удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным. Система вентиляции обеспечивает отток и приток воздуха в помещении. Вентиляция обеспечивает санитарно-

гигиенические условия (температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха и чистоту воздуха) воздушной среды в помещении, благоприятные для здоровья и самочувствия человека, отвечающие требованиям санитарных норм, технологических процессов, строительных конструкций зданий, технологий хранения и т. д. Система вентиляции на плазматроне осуществляется с помощью специальных подвижных лопастей. Скорость потока воздуха через газоход (вентиляцию) равна 18,65 м/с.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. В нашем случае источником шума является откачивающий компрессор. Согласно [17] уровень шума компрессора не превышает 65 дБ, что соответствует санитарным нормам [18]. Шум на рабочем месте может быть вызван работой ПЭВМ. Уровень шума ПЭВМ лежит в пределах 30-40 дБ, что также соответствует [17].

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве

возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля. ВЧФ-плазматрон питается от генератора высокочастотного тока. Генератор полностью экранирован. Согласно [19], предельно допустимая величина электромагнитного воздействия от установки на человека составляет менее 0,2 мкТл. Это значение входит в допустимый порог строгих санитарных норм электромагнитного излучения.

Экран и системные блоки ПЭВМ также производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [16] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам [16] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

4.3 Электробезопасность

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ или другими электрическими приборами и установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электрических приборов;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании;
- при действии электрического поля на организм человека.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электропоражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей);
- применение средств защиты:

Электрозащитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги. Эти средства должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся [13]:

- оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть сблокированы с устройствами, отключающими рабочее напряжение при снятии;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др.

При выполнении данной ВКР применен плазменный стенд с использованием высокочастотного генератора ВЧГ8-60/13-01. Данный генератор питается от сети с промышленным напряжением 380 В, с анодным напряжением 10,4÷10,5 кВ и номинальной потребляемой мощностью 100кВт.

При использовании данного оборудования строго выполнялись требования по электробезопасности, все операции выполнялись руководителем, имеющим допуск до работ с напряжениями свыше 1000 В.

4.4. Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [20], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении пожара сообщить руководителю, органам противопожарной безопасности предприятия и приступить к тушению пожара огнетушителем.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС по телефону – 112.
3. Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании плазменной технологии переработки в воздушной плазме нитратных комплексов Pd в виде ВСОК, а также других металлов платиновой группы для их энергоэффективного извлечения из отходов переработки ОЯТ и последующего использования.

Список публикаций

1. Ли В.И., Сагалакова К.А. Исследование процесса плазменной переработки реэкстрактов платиноидов из ОЯТ//Изотопы: технологии, материалы и применение: сборник тезисов докладов V Международной научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Томск, 19-23 Ноября 2018. - Томск: Графика, 2018 - С. 72

Список использованных источников

1. Петров Г.В. // Цв. металлы. 2005. N 1. С. 105 – 107.
2. Ренард Э.В., Величко А.В. Труднорастворимые остатки и осадки водно-экстракционной технологии регенерации отработавшего топлива АЭС (Пурекс-процесс) как стратегический источник техногенных (осколочных) благородных металлов // Атомная техника за рубежом. – 1993. – № 9. – С. 3-9.
3. Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В. и др. Аналитическая химия платиновых металлов. М.: Наука, 1972. 613 с.
4. А.В. Беляев. // Журнал структурной химии. 2003. Т 44, N 1. С. 39-47.
5. Арсеенков Л.В., Захаркин Б.С., Ренард Э.В. и др. // Атомная энергия. Т. 72, N 5. С. 462-472.
6. Башилов А.В., Ланская С.Ю., Золотов Ю.А. // ЖАХ. 2003. Т. 58, N 9. С. 948 – 954.
7. Усманова Т.В., Рихванов Л.П. Отходы предприятий ядерно-топливного комплекса как возможные техногенные месторождения // Вестин ТГУ : мат. науч. конф. «Проблемы геологии и географии Сибири». – 2003. – №3(V). – С.223 – 224.
8. Крюков Ф.Н., Кислый В.А., Кормилицын М.В. и др. Распределение продуктов деления в облученном виброуплотненном оксидном топливе // Атомная энергия. 2005. - Т. 99. - Вып. 5. - С. 380-387.
9. Григорьева М.Г. Методы определения легких платиновых металлов и возможности прецизионного спектрофотометрического метода с внутренней стандартизацией для анализа элементов // Радиохимия. – 2007. – Т.49, №4. – С.289 – 295;
10. Никитина Г.П., Рэнс П.Д. У., Киршин М.Ю. Особенности поведения рутения и палладия в условиях электрохимического растворения Ag(II) // Радиохимия. – 2006. – Т.48, №1. – С.37 – 42.

11. Межов Э.А., Кучумов В.А., Друженков В.В. Исследование экстракции палладия из азотнокислых растворов азотсодержащими соединениями применительно к извлечению осколочного палладия из отработанного ядерного топлива АЭС.1. Изучение условий экстракции и реэкстракции // Радиохимия. – 2002. – Т.44, №2. – С.126 – 130.
12. Межов Э.А., Друженков В.В., Сиротин А.Н. Исследование экстракции палладия из азотнокислых растворов азотсодержащими соединениями применительно к извлечению осколочного палладия из отработанного ядерного топлива АЭС.3. Оработка режимов экстракционного цикла для извлечения и очистки палладия // Радиохимия. – 2002. – Т.44, №2. – С.136 – 139.
13. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – Изд. 2-е, доп. и перераб.-М.:Наука, 1972.-720с.
14. Организация, нормирование и оплата труда: Учебное пособие / А. С. Головачев, Н. С. Березина, Н. Ч. Бокун и др.; Под общ. Ред. А. С. Головачева. – М.: Новое знание, 2004. – 496 с. /Глава 5/
15. Пашуто, В. П. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии: учебно-практическое пособие / В. П. Пашуто. – М: КНОРУС, 2005. – 320 с. / Глава 7/
16. Моссэ А.Л., Печковский В.В. Применение низкотемпературной плазмы в технологии неорганических веществ. Минск, Наука и техника, 1973. – 216с.
17. Эксплуатационная документация для компрессора AIRTECH 220/25W1.
18. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки"
19. Эксплуатационная документация ВЧГ8-60/13-01, 2000 г.
20. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества.

Приложение А

Таблица А1 – Зависимость удельных энергозатрат температуры сжигания водносолеорганической композиции на основе Pd

| T, K | $I_T,$ кДж/кг | $I_T - I_{300},$ кДж/кг | Z_{Pd} | $(I_T - I_{300})/Z_{Pd},$ МДж/кг |
|--------|------------------|----------------------------|------------|-------------------------------------|
| 300 | -4140 | 0 | 0 | 0 |
| 500 | -3330 | 810 | 0 | 0 |
| 1000 | -2620 | 1520 | 0 | 0 |
| 1500 | -1860 | 2280 | 0,00004324 | 52728,96 |
| 2000 | -1010 | 3130 | 0 | - |
| 2500 | 119,72 | 4259,72 | 0 | - |
| 3000 | 2465,5 | 6605,6 | 0 | - |

Таблица А2 – Зависимость удельных энергозатрат температуры сжигания водного раствора на основе Pd

| T, K | $I_T,$ кДж/кг | $I_T - I_{300},$ кДж/кг | Z_{Pd} | $\mathcal{E}_{уд},$ МДж/кг |
|--------|------------------|----------------------------|------------|-------------------------------|
| 300 | -5540 | 0 | 0,00003178 | 0 |
| 500 | -4690 | 850 | 0,00003178 | 26746,38 |
| 1000 | -3990 | 1550 | 0,00003178 | 48772,81 |
| 1500 | -3180 | 2360 | 0,00003074 | 76772,93 |
| 2000 | -2320 | 3220 | 0 | - |
| 2500 | -988,3 | 4551,7 | 0 | - |
| 3000 | 1811,9 | 7351,9 | 0 | - |


















Приложение В

Таблица В1 – Трудозатраты на выполнение проекта

| Этап | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | |
|--|-------------|------------------------------|-----------|----------|
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Постановка задачи | НР | 1 | 2 | 1,40 |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | НР, И | 2 | 3 | 2,40 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 4 | 5 | 4,40 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 1 | 2 | 1,40 |
| Подготовка экспериментальной установки | НР, И | 1 | 2 | 1,40 |
| Проведение экспериментов | НР, И | 5 | 6 | 5,40 |
| Проведение расчетов | НР, И | 7 | 8 | 7,40 |
| Обработка результатов | И | 3 | 4 | 3,40 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И | 3 | 4 | 3,40 |
| Оформление графического материала | И | 1 | 2 | 1,40 |
| Подведение итогов | НР, И | 1 | 2 | 1,40 |
| Итого: | | | | 33,40 |

| Этап | Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн. | | | |
|--|--|-------|----------|-------|
| | $T_{рд}$ | | $T_{кд}$ | |
| | НР | И | НР | И |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Постановка задачи | 1,54 | – | 1,89 | – |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | 2,64 | 0,26 | 3,23 | 0,32 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | 1,45 | 4,84 | 1,78 | 5,93 |
| Разработка календарного плана | 1,54 | 0,15 | 1,89 | 0,19 |
| Подготовка экспериментальной установки | 0,46 | 1,54 | 0,57 | 1,89 |
| Проведение экспериментов | 5,94 | 4,16 | 7,28 | 5,09 |
| Проведение расчетов | 8,14 | 6,51 | 9,97 | 7,98 |
| Обработка результатов | – | 3,74 | – | 4,58 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | – | 3,74 | – | 4,58 |
| Оформление графического материала | – | 1,54 | – | 1,89 |
| Подведение итогов | 0,92 | 1,54 | 1,13 | 1,89 |
| Итого: | 22,64 | 28,03 | 27,73 | 34,33 |

Таблица В2 – Линейный график работы

| Этап | НР | И | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 |
|------|------|------|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|---|---|
| 1 | 1,89 | 0,00 |  | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3,23 | 0,32 |  |  | | | | | | | | | | |
| 3 | 1,78 | 5,93 | |  |  | | | | | | | | | |
| 4 | 1,89 | 0,19 | | | |  | | | | | | | | |
| 5 | 0,57 | 1,89 | | | |  |  | | | | | | | |
| 6 | 7,28 | 5,09 | | | | |  |  | | | | | | |
| 7 | 9,97 | 7,98 | | | | | |  |  | | | | | |
| 8 | 0,00 | 4,58 | | | | | | | | |  | | | |
| 9 | 0,00 | 4,58 | | | | | | | | | |  | | |
| 10 | 0,00 | 1,89 | | | | | | | | | | |  | |
| 11 | 1,13 | 1,89 | | | | | | | | | | |  |  |